

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LENO ALEX DE ARAÚJO

CONTROLE DE REFUGOS E RETRABALHOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA POR MEIO DA METODOLOGIA FMEA ANÁLISE
DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS – UM ESTUDO DE CASO.

Curitiba – Pr.

2013.

LENO ALEX DE ARAÚJO

CONTROLE DE REFUGOS E RETRABALHOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE
UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA POR MEIO DA METODOLOGIA FMEA ANÁLISE
DOS MODOS E EFEITOS DE FALHAS – UM ESTUDO DE CASO.

Projeto Técnico apresentado à
Universidade Federal do Paraná
para obtenção do título de
Especialista em Gestão da
Qualidade.

Orientador: Prof. Dr. Edelvino Razzolini Filho.

Curitiba – Pr.

2013.

Resumo

O presente texto apresenta um estudo de caso realizado em uma indústria metalúrgica de origem alemã, atuante no ramo têxtil, localizada na cidade de Curitiba Paraná. A empresa em questão apresenta índices de refugos e retrabalhos principalmente no setor de montagem mecânica, problemas que foram abordados com o objetivo de aplicação da metodologia FMEA, juntamente com outras ferramentas da qualidade, como Ciclo PDCA, Cartas de Controle, Diagrama de Ishikawa, 8 Disciplinas e a Folha A3 (que mensura o estado atual e estado futuro), a fim de reduzir os números que ocasionam prejuízos e afetam tanto a produção e entrega de máquinas, assim como o cliente interno quanto o cliente final da empresa objeto de estudo.

Foram analisados os números de retrabalhos e refugos no setor de montagem mecânica, a fim de detectar qual processo era o principal responsável por tais não conformidades. Após esta análise, constatou-se que o processo de torneamento era um dos principais causadores e consequentemente, objeto de estudo e implantação da metodologia FMEA, com intenção de reduzir tais ocorrências, geradores de problemas internos. Objetivando trabalhar de maneira preventiva e/ou proativa, minimizando as ações corretivas, buscando detectar problemas antes que eles ocorram e agindo na causa raiz com ações de retenção para o problema não ocorra novamente. Para a obtenção do sucesso e alcance dos objetivos, deve-se ressaltar a importância da escolha para formação do time para implantação da metodologia, bem como o apoio e compreensão da diretoria da organização.

Palavras chave: Metodologia FMEA, Diagrama de Ishikawa, refugos e retrabalhos, ações corretivas, preventivas, Folha A3 e ganho de produtividade.

Abstract

The present article is based on a case study applied in a metallurgical industry of German origin, active in the textile sector, located in Curitiba Paraná. The company presents high level of scraps and reworks mainly in the Assembly Line, which was reported to the application of the FMEA methodology (Failure Mode and Effects Analysis) as well as other quality tools, such as PDCA cycle, Control Charts, Ishikawa Diagram, the Eight Disciplines Problem Solving (8D), A3 Sheet (presenting the current and the future state), in order to reduce the actual results that undermine the production and the delivery of Machines, and in consequence the intern and final customer.

It was analyzed the reworks and the scraps levels in the assembly line, in order to detect which manufacturing process is the responsible for the non-conformances. After that, it was found that the Lathing Process was the main cause for the problems mentioned and therefore, the object of study and application of the FMEA methodology. Based on this, the main goal is to work preventively, reducing corrective actions with focus on Root Causes of the failures in order to avoid recurrences. To conclude, it must be emphasized the correct choice of the work team to the correct management as well as the support and understanding of the board of directors in order to achieve the results successfully.

Key Words: FMEA Methodology, Ishikawa Diagram, Scraps and Reworks, Corrective and Preventive Actions, Productivity Gain, A3 Sheet.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	5
2 REVISÃO TEÓRICA.....	7
3 METODOLOGIA.....	15
4 RESULTADOS E ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	18
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	20
6 REFERÊNCIAS.....	21
7 APÊNDICE.....	22

1. Introdução

A empresa objeto de estudo é uma Indústria metalúrgica de origem alemã, fabricante de máquinas e equipamentos para o ramo têxtil com mais de cento e vinte anos de tradição. A organização é especializada desde a abertura de fardos até a fabricação da fita de algodão, ou seja, está inserida num nicho específico, produção de máquinas para produção de fitas de algodão, processo anterior ao fio de algodão. A empresa apresenta um *share* de cerca de 60% do mercado dentro desse nicho específico descrito acima. A matriz da empresa é na Alemanha e conta com quatro filiais: China, Índia, Estados Unidos e Brasil (desde 1977), que atende o mercado nacional, América Latina e exporta para a matriz alguns componentes e máquinas que lá não são fabricados. O presente estudo será desenvolvido somente na filial Brasil, que é certificada pela NBR ISO 9001:2008, desde 1997, localizada na cidade de Curitiba – Pr.

Um dos autores do presente artigo trabalha na organização há dezesseis, e nos últimos treze anos, na área de qualidade. Por trabalhar na empresa, teve a oportunidade de conhecer vários processos e analisar os pontos fortes e fracos, assim como oportunidades de melhoria e principais vantagens competitivas.

A empresa objeto de estudo trabalha cotidianamente de maneira corretiva, ou seja, costuma agir de forma REATIVA (identificar e corrigir), para tentar reparar as não conformidades que já ocorreram. Através desta metodologia, segundo Werkema (1995), a empresa mesmo que de maneira inconsciente, busca incessantemente a META RUIM (proveniente das anomalias crônicas), observa a existência de processos que apresentam diversas anomalias, que impede a empresa de atingir as METAS BOAS, provenientes do planejamento estratégico, já que a maior parte do tempo dedicado ao alcance de metas está voltada a solução das METAS RUINS, não agrega valor, já que apenas corrige algo que anteriormente foi mal feito.

Ocorre que, agindo da maneira descrita acima, os colaboradores gastam tempo corrigindo defeitos que poderiam ser previstos no processo, antes da fabricação de peças não conforme. Uma parte destes defeitos surge nos setores seguintes (clientes internos) e em decorrência das anomalias, são detectados ainda dentro da empresa, gerando diversos tipos de retrabalhos e em alguns casos refugos por não ter a possibilidade de correção. Lembrando que o custo da correção

é alto, levando em consideração a burocracia prestada e o envolvimento de mão de obra de outros profissionais para a resolução do problema, tais como: controladores e analistas da qualidade, operadores, encarregado do setor. Mas também há casos que o problema só é detectado pelo cliente final, porém o custo da correção é infinitamente maior, levando em consideração os profissionais envolvidos para a correção do problema interno, mais outros profissionais, tais como: gerente da qualidade, assistência técnica, profissionais de marketing e montadores externos, além dos custos do retrabalho e/ou a fabricação de novos produtos e custos de transportes, sem citar a insatisfação do cliente e possibilidade de parada na linha de produção do cliente, problemas ocorridos e com grande dificuldade de mensuração de custos. Segundo Rosário (2006), quanto mais cedo, a empresa identificar um erro e desenvolver meios para que não torne a acontecer, menor é o seu custo com os mesmos, porém as empresas gastam muito pouco com prevenção, o que provoca maiores custos devido à falta de controle.

O problema em questão vale a pena ser resolvido, pois sua resolução trará diversos benefícios tangíveis à organização, pois a mão de obra contratada, será mais bem aproveitada, uma vez que as atividades passam a ser desenvolvidas de maneira PROATIVA, no sentido de prevenir ao invés de corrigir, melhoria esta que certamente será percebida pelo cliente final.

O objetivo deste estudo é implantar a ferramenta FMEA, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, a fim de identificar dificuldades e obstáculos no processo de fabricação da empresa objeto de estudo, propondo soluções eficazes para minimizá-los, visando redução de custo e melhoria no relacionamento com os clientes. Alguns profissionais da área de qualidade e produção conhecem as ferramentas da qualidade, porém poucos possuem o *know-how* de como implantá-las.

O resultado esperado após a implantação da ferramenta FMEA, é fazer com que a organização trabalhe de maneira PROATIVA, ou seja, prevenindo e resolvendo problemas antes que eles realmente ocorram. Além dos benefícios mencionados, pode-se afirmar que os esforços serão direcionados para prevenir e não para corrigir. Quando se trabalha de maneira preventiva, sobra mais tempo para planejar e ocorre um melhor aproveitamento do tempo, ou seja, trabalhar de maneira mais organizada, com melhor qualidade, se obtém ganho de produtividade.

2. Revisão teórica

A técnica FMEA – “*Failure Mode and Effect Analysis*”, Análise dos Modos e Efeitos de Falhas, segundo Lake, Martin e Pett (1995), tem por objetivo:

- 1) Reconhecer e avaliar a falha potencial de um produto/processo e seus efeitos;
- 2) Identificar ações que podem eliminar ou reduzir a chance da falha potencial vir a ocorrer;
- 3) Documenta o processo de análise.

Em resumo FMEA é uma técnica que procura listar todas as possíveis falhas (de produto ou processo) e suas causas para que sejam analisadas e tomadas as ações preventivas necessárias.

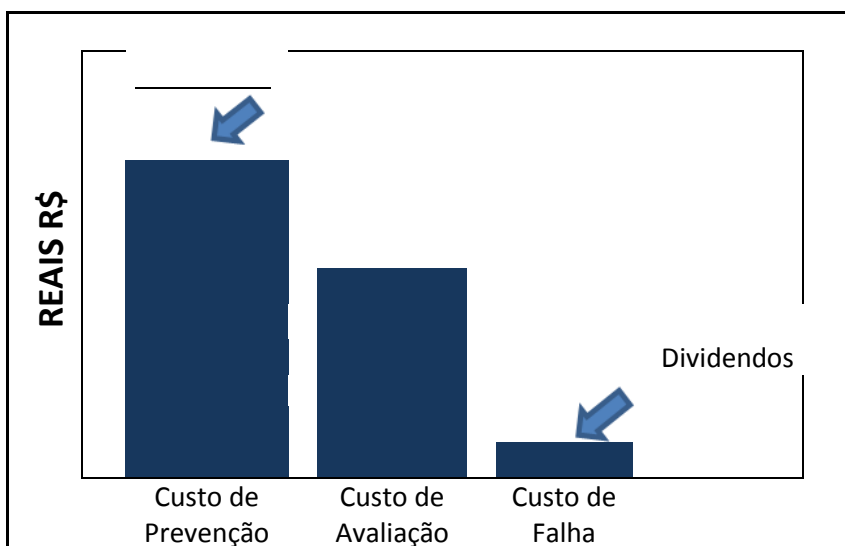
O FMEA é complementar ao processo de desenvolvimento do projeto e faz com que o mesmo contenha os requisitos que satisfaçam as necessidades dos clientes.

Apesar de sempre terem sido realizadas análises semelhantes à FMEA nos projetos e processos de manufatura, a primeira aplicação formal desta técnica, foi uma inovação na indústria aeroespacial em meados dos anos 60.

Ainda de acordo com Lake, Martin e Pett (1995), FMEA de processo assume que o produto, tal como é projetado, atenderá aos objetivos do projeto. É um documento dinâmico, cabe à empresa definir o responsável para atualizá-lo sempre que existirem modificações nos processos/produtos.

O FMEA exige um custo inicial, dividido em três categorias distintas, da organização, conforme citado por Palady (1997), isso inclui tempo dos membros da equipe e uma das atividades mais caras, as reuniões. As categorias de custos são: - custos de prevenção; - custos de avaliação; e, - custos de falhas. Esse custo inicial pode ser um investimento, se o FMEA for realizado com eficácia. O retorno do investimento será percebido pelo cliente, bem como pela organização, sob a forma de redução dos custos de falha. Esse conceito é demonstrado no gráfico 1.

Gráfico 1: Categorias de Custos



Fonte: Palady (1997).

A redução do custo de falha, como mostra o gráfico 1, resulta em dividendos maiores. As organizações podem incluir as despesas associadas à empresa em uma das três categorias.

Intimamente ligado à durabilidade surge uma área de estudo chamada confiabilidade, que envolve várias técnicas e estudos, cuja aplicação depende da determinação do problema e tipo do produto ou processo.

Portanto, a aplicação e escolha da técnica, ligada à área de confiabilidade deve depender de uma prévia análise do funcionamento do processo, produto ou serviço, e quais são os objetivos finais que se deseja. Com relação ao mapeamento e formalização do processo de torneamento (utilizado para implantação da metodologia FMEA), poderá ser mais bem entendido no apêndice 3, Fluxograma.

Conforme citado por Puente (2002), o método FMEA é útil para identificar, de forma sistemática, falhas potenciais em sistemas e processos, identificar seus efeitos e definir ações que visam reduzir ou eliminar o risco associado a cada falha. O FMEA avalia a severidade e cada falha relativamente ao impacto causado aos clientes, seja ele interno ou externo. A forma como estas podem ocorrer e, caso ocorram, como poderiam ser detectadas antes de chegarem ao cliente. Com base nestes três elementos, **severidade, ocorrência e detecção**, o FMEA leva à priorização de quais modos de falha levam aos maiores riscos ao cliente. As etapas para a execução de um FMEA são as seguintes:

- a) Listas de modos de falhas conhecidos e potenciais;
- b) Identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua respectiva severidade;
- c) Identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência de falhas relacionada a cada causa;
- d) Identificar o meio de detecção no caso da ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção;
- e) Avaliar o potencial de risco de cada modo de falha e definir medidas de eliminação ou redução do risco de falha.

A eliminação ou redução dos riscos de falha é feita através de ações que aumentem a probabilidade de detecção ou reduzam a probabilidade de ocorrência da falha. A severidade é um índice que não pode ser reduzido ou eliminado, pois depende apenas do nível de transtorno que a falha acarreta ao cliente. A técnica utilizada para determinar o risco associado a cada modo de falha (*Risk Potential Number*, NPR) é a multiplicação da pontuação dada para as classificações da severidade (S), da ocorrência (O) e da detecção (D). Com isso, tem-se uma escala que vai de 1 a 1000 pontos, sendo 1 baixíssimo risco e 1000 um risco crítico ao cliente. Após a priorização dos riscos devem ser definidas medidas para a redução ou eliminação dos maiores riscos calculados. Na figura 1, observa-se o formulário para a aplicação do FMEA de processo de torneamento, utilizado para o estudo de caso em questão.

Figura 1: Planilha FMEA de processo de torneamento.

A	B	C	D	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
Descrição	Tipo / Modo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial Cliente: 1- 2	S	Causa da Falha Potencial	O	Controles Atuais de Prevenção	Controles Atuais de Detecção	D	NPR	Nº Carta de Controle	Ações de Melhoria		Prazo		Status PDCA	Resultado das Ações				
											Ações Recomendadas	Responsável	Início	Fim		Medidas Implantadas - Data	Índices Atuais			
																	S	O	D	NPR
Tornear	Ø Externo maior/menor	1 - Interferência na montagem	7	Operador não zerou/presetou corretamente a ferramenta	7	N/A	Medição das peças	3	147		Elaborar Carta de Controle	C.Q.	15/jul	30/jul	A	10/set	7	4	2	56
		1 - Folga excessiva na montagem dos rolamentos	7	Desgaste da ferramenta não observado	4	N/A	Inspeção Visual	3	84		Elaborar Carta de Controle / Implementar Sistema de Controle de Vida Útil de Ferramenta.	Qualidade / Engenharia de Processo	15/jul	15/set	A	15/set	7	2	2	28
		1 - Ruído Excessivo	7	Falha/defeito no programa	4	N/A	Medição das peças	5	140		Revisar periodicamente os programas CNC para correção de desvios e registrar alterações.	Claúdio	15/jul	15/set	A	15/set	7	2	2	28
		1 - vibração excessiva	7	Ferramenta mal fixada	4	N/A	Inspeção Visual	4	112		Elaborar Carta de Controle	C.Q.	15/jul	30/jul	A	10/set	7	2	3	42
		2 - vibração excessiva	7	Montagem ou regulagem incorreta dos EIMES	3	N/A	N/A	8	168		Treinamento e Reciclagem dos operadores quanto a montagem e regulagem dos EIMES. (Meios de Medição)	André	15/jul	15/set	A	15/set	7	1	5	35
		2 - Falta ou excesso de sobremetal	7	Defeito de máquina	3	N/A	N/A	8	168		Realizar Manutenção Preventiva	Franz	15/jul	30/set	C	Pendente				

Fonte: o Autor.

Segundo Stamatis (2003), existem diversos tipos de FMEA's. Dentre eles destacam-se: FMEA de produto e FMEA de processo. O FMEA de produto (FMEA de projeto) é utilizado para avaliar possíveis falhas em produtos antes da sua liberação para manufatura (mas deve ser reutilizado durante toda a vida útil do produto). Ele enfoca falhas potenciais do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do projeto em atender os objetivos pré-definidos. O FMEA de processo, aplicado no presente artigo, é utilizado para avaliar falhas em processo antes da sua liberação para a produção (mas deve ser reaplicado durante toda a vida do processo). Ele enfoca falhas potenciais do processo em relação ao cumprimento dos objetivos pré-definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do processo em cumprir esses objetivos. O FMEA de processo define necessidades de alterações no processo, estabelece prioridades para as ações de melhoria, auxilia na execução do plano de controle do processo e na análise dos processos de manufatura e montagem.

O FMEA – Análise dos Modos e Efeito de Falhas e o FTA – Análise da Árvore de Falhas, são duas técnicas amplamente utilizadas na área de confiabilidade, podendo ser utilizadas tanto em processos, produtos ou serviços.

Freitas e Colodismo (1997) entendem que a FTA parte do Modo de Falha (evento de topo), e busca as possíveis causas diretas da ocorrência do evento. A Árvore de Falha é um modo gráfico que permite mostrar, de uma maneira simples, o encadeamento dos diferentes eventos que podem dar por resultado o evento topo.

O FMEA é utilizado, entre outras, pelas três maiores montadoras dos Estados Unidos – Chrysler, Ford e General Motors. Estas empresas juntamente com fabricantes de caminhões, inseriram a técnica de FMEA na norma QS-9000. Montadoras como a Volvo do Brasil, por exemplo, exigem de seus fornecedores, dentre outras técnicas aplicadas na área de confiabilidade e

desenvolvimento de produto e processo, o FMEA como pré requisito de avaliação de fornecedores.

A FTA, segundo Ribeiro e Fogliatto (1999), foi aplicada inicialmente na verificação de projetos de aeronave. Mais recentemente, além de ter sido aplicada ao projeto e revisão de produtos, seu uso, assim como o FMEA, foi estendido à análise de processos, inclusive processos administrativos.

A técnica do FMEA difere da FTA basicamente em três aspectos segundo Freitas e Colodismo (1997): finalidade, procedimento e no funcionamento do sistema.

Para a aplicação do estudo de caso em questão, foi utilizado do Ciclo PDCA, que conforme citado por Werkema (1995), é uma importante técnica que deve ser empregada para a disposição e demonstração gráfica, das tarefas e objetivos almejados. Também conhecido como “**Ciclo de Deming**”, o **PDCA** é uma das primeiras ferramentas de gestão da qualidade (ou ferramentas gerenciais) e permite o controle do processo. O PDCA foi criado na década de 20 por Walter A. Shewart, mas foi William Edward Deming, o “guru do gerenciamento da qualidade”, quem disseminou seu uso no mundo todo (por isso, a partir da década de 50, o ciclo PDCA passou a ser conhecido como “Ciclo Deming”). “PDCA” é a sigla, as palavras em inglês que designam cada etapa do ciclo: “Plan”, planejar; “Do”, fazer ou agir; “Check”, checar ou verificar; e “Action”, no sentido de corrigir ou agir de forma corretiva.

O PDCA é um método amplamente aplicado para o controle eficaz e confiável das atividades de uma organização, principalmente àquelas relacionadas às melhorias, possibilitando a padronização nas informações do controle de qualidade e a menor probabilidade de erros nas análises ao tornar as informações mais entendíveis. O PDCA constitui-se das seguintes etapas:

“**PLAN**” – O primeiro passo para a aplicação do PDCA é o estabelecimento de um plano, ou um planejamento que deverá ser estabelecido com base nas diretrizes ou políticas da empresa e onde devem ser consideradas três fases importantes: a primeira fase é o estabelecimento dos objetivos, a segunda, é o estabelecimento do caminho para que o objetivo

seja atingido e, a terceira é a definição do método que deve ser utilizado para consegui-los. A boa elaboração do plano evita falhas e perdas de tempo desnecessárias nas próximas fases do ciclo;

“DO” – O segundo passo do PDCA é a execução do plano que consiste no treinamento dos envolvidos no método a ser empregado, a execução propriamente dita e a coleta de dados para posterior análise. É importante que o plano seja rigorosamente seguido;

“CHECK” – O terceiro passo do PDCA é a análise ou verificação dos resultados alcançados e dados coletados. Ela pode ocorrer concomitantemente com a realização do plano quando se verifica se o trabalho está sendo feito da forma devida, ou após a execução quando são feitas análises estatísticas dos dados e verificação dos itens de controle. Nesta fase podem ser detectados erros ou falhas;

“ACT” ou **“ACTION”** – a última fase do PDCA é a realização das ações corretivas, ou seja, a correção das falhas encontradas no passo anterior. Depois de realizada a investigação das causas das falhas ou desvios no processo, deve-se repetir, ou aplicar o ciclo PDCA para corrigir as falhas (através do mesmo modelo, planejar as ações, fazer, checar e corrigir) de forma a melhorar cada vez mais o sistema e o método de trabalho.

Outra metodologia utilizada para o desenvolvimento da técnica FMEA, foi o diagrama de Ishikawa, conhecido também como Espinha de Peixe ou Causa e Efeito, que conforme citado por Peinado e Graeml (2007), é uma ferramenta da qualidade onde causas são levantadas para se chegar à raiz de um problema específico, através da análise de todos os fatores que puderam contribuir para sua geração.

Proposto originalmente na década de 60 por Kaoru Ishikawa o diagrama leva em conta que toda causa vai produzir um efeito, essas causas representam hipóteses que precisam ser analisadas e testadas uma a uma, a fim de comprovar sua veracidade e determinar o grau de influência ou impacto sobre a situação em análise.

Na prática, o Diagrama de Ishikawa é uma ferramenta prática, muito utilizada para realizar análise de causa em avaliação de não conformidades e contribui também para preenchimento da planilha FMEA. Representa a relação existente entre determinado resultado de um processo (efeito) e os diversos fatores (causas) que podem contribuir para esse resultado. Sua relação com a imagem de uma espinha de peixe se dá devido ao fato que podemos considerar suas espinhas as causas dos problemas levantados, que contribuirão para a descoberta de seu efeito.

PARA QUE É UTILIZADO?

- Para visualizar as causas principais e secundárias de um problema.
- Para ampliar a visão das possíveis causas de um problema, através de análise e a identificação de soluções.
- Para gerar melhorias nos processos.

COMO CONSTRUIR?

- Definir o problema (efeito) a ser analisado.
- Desenhar uma seta horizontal apontando para a direita e escreva o problema no interior de um retângulo localizado na ponta da seta.
- Realizar um *brainstorming* para levantar as possíveis causas que possam estar gerando o problema perguntando “Por que isto está acontecendo”.
- Dividir as causas identificadas em categorias, como por exemplo: máquina, mão de obra, método, materiais, meio ambiente e meios de medição (6M) ou da forma que for mais coerente com o problema analisado.
- Logo após, deverão ser definidas as sub-causas, ou seja, as causas das causas.

Outra técnica eficaz para a solução de problemas, conforme demonstrado por Martins (2009), a Metodologia 8D (Oito Disciplinas), é utilizada desde a década 80 para reportar a análise de problemas ou falhas, foi desenvolvida pela Ford e é orientada para identificação da causa raiz e tomada

de ação antirreincidência. Assim, a metodologia 8D estabelece uma forma simplificada e ao mesmo tempo abrangente de se solucionar um problema ou analisar uma falha. Com essa metodologia é possível bloquear os problemas rapidamente e definir ações corretivas permanentes e eficazes.

A técnica 8D tem por objetivo promover adequação de ações eficazes nos processos de forma que eventuais problemas possam ser solucionados, forçando a solução definitiva. Uma das finalidades é a correção de problemas de forma ordenada, racional e disciplinada. As 8D's, podem ser entendidas da seguinte forma:

- 1- Selecionar o time;
- 2- Definir o Problema;
- 3- Conter o Problema;
- 4- Identificar a Causa raiz;
- 5- Implementar Ação Corretiva Permanente;
- 6- Verificar Eficácia das Ações;
- 7- Institucionalizar em toda Organização;
- 8- Reconhecer & Formalmente desfazer o time.

A metodologia 8D auxilia na construção da FMEA, pois é forte aliada na detecção e análise de problemas no processo produtivo e contribui diretamente para as ações de contenção, ou ações preventivas para eliminação de não conformidades.

3. Metodologia

A metodologia utilizada para a execução deste artigo foi o estudo de caso, também a metodologia observação participante, pois um dos autores, atualmente trabalha no setor de qualidade e há dezesseis anos na empresa objeto de estudo. Este artigo foi desenvolvido em aproximadamente quatro meses, levando em consideração o desenvolvimento teórico e a implantação das ferramentas utilizadas. O time designado para execução do projeto foi composto de sete profissionais, sendo da área de qualidade: dois tecnólogos

um administrador, um engenheiro. Área de produção: um administrador e um técnico em mecânica. Área de planejamento: um engenheiro.

A pesquisa documental também foi utilizada e realizada em fontes como tabelas estatísticas, cartas, pareceres, relatórios, desenhos, notas, informativos, depoimentos orais e escritos, documentos informativos arquivados verificados na empresa em questão e em forma de *benchmarking* (visitas técnicas), em outras empresas que já possuem a metodologia FMEA implantada com sucesso.

A análise documental constitui uma técnica importante na pesquisa qualitativa, seja complementando informações obtidas por outras técnicas, seja desvelando aspectos novos de um tema ou problema. Um tipo de documento utilizado no trabalho em questão é a carta de controle que está exemplificada no apêndice 2, Carta de Controle.

Segundo Gil (1995), o estudo de caso não aceita um roteiro rígido para a sua delimitação, mas é possível definir quatro fases que mostram o seu delineamento: a) **delimitação da unidade-caso**; b) **coleta de dados**; c) **seleção, análise e interpretação dos dados**; d) **elaboração do relatório** (artigo).

A primeira fase consiste em delimitar a unidade que constitui o caso, o que exige habilidades do pesquisador para perceber quais dados são suficientes para se chegar à compreensão do objeto como um todo. Como nem sempre os casos são selecionados mediante critérios estatísticos, algumas recomendações devem ser seguidas: **buscar casos típicos** (em função da informação prévia aparentam ser o tipo ideal da categoria); **selecionar casos extremos** (para fornecer uma ideia dos limites dentro dos quais as variáveis podem oscilar); **encontrar casos atípicos** (por oposição, pode-se conhecer as pautas dos casos típicos e as possíveis causas dos desvios). A segunda fase é a coleta de dados que geralmente é feita com vários procedimentos quantitativos e qualitativos: observação, análise de documentos, entrevista formal ou informal, história de vida, aplicação de questionário com perguntas

fechadas, levantamentos de dados, análise de conteúdo etc. Há uma pluralidade de procedimentos que podem ser incorporados.

A terceira fase é conjunta, representada pela seleção, análise e interpretação dos dados. A seleção dos dados deve considerar os objetivos da investigação, seus limites e um sistema de referências para avaliar quais dados serão úteis ou não. Somente aqueles selecionados deverão ser analisados, o pesquisador deve definir antecipadamente seu plano de análise e considerar as limitações dos dados obtidos, sobretudo no referente à qualidade da amostra, pois se a amostra é boa, há uma base racional para fazer generalizações a partir dos dados. Em caso contrário, deve apresentar os resultados em termos de probabilidade. É importante também utilizar categorias de análise derivadas de teorias que sejam reconhecidas no campo do conhecimento. Isso faz com que a interpretação dos dados não envolva julgamentos implícitos, preconceitos, opiniões de senso comum etc. A quarta fase é representada pela elaboração dos relatórios parciais e finais. Vale lembrar que deve ficar especificado como foram coletados os dados; que teoria embasou a categorização dos mesmos e a demonstração da validade e da fidedignidade dos dados obtidos. O relatório deve ser conciso, embora, em algumas situações seja solicitado o registro detalhado.

Com base nas aplicações apresentadas, evidenciam-se as vantagens dos estudos de caso: estimulam novas descobertas, em função da flexibilidade do seu planejamento; enfatizam a multiplicidade de dimensões de um problema, focalizando-o como um todo e apresentam simplicidade nos procedimentos, além de permitir uma análise em profundidade dos processos e das relações entre eles.

Mas há também limitações. Segundo Ventura (2007), a mais grave, parece ser a dificuldade de generalização dos resultados obtidos. Pode ocorrer que a unidade escolhida para investigação seja bastante atípica em relação às muitas da sua espécie. Naturalmente, os resultados da pesquisa tornar-se-ão bastante equivocados. Por essa razão, cabe lembrar que, embora o estudo de caso se processe de forma relativamente simples, pode exigir do pesquisador muita atenção e cuidado, principalmente porque ele está profundamente

envolvido na investigação. Sendo assim, os argumentos mais comuns dos críticos dos estudos de caso estão no risco de o investigador apresentar uma falsa certeza das suas conclusões e fiar-se demais em falsas evidências. Em decorrência disso, deixar de verificar a fidedignidade dos dados, da categorização e da análise realizada. A recomendação para eliminar o viés de estudo é elaborar um plano de estudo de caso que previna prováveis equívocos subjetivos. Tal problema, neste caso, é amplamente minimizado, pois durante alguns anos o setor de qualidade da organização coletou e analisou informações e dados relativos aos refugos e retrabalhos e detectou os principais causadores.

Há ainda, outro equívoco relativo à aplicação dos estudos de caso que deve ser mencionado. Trata-se do entendimento de que, por utilizar uma ou poucas unidades, representa uma pesquisa muito fácil de ser realizada. Essa afirmação simplifica o nível de complexidade envolvido nessa modalidade de pesquisa e o rigor científico necessário ao seu planejamento, análise e interpretação.

4. Resultados e Análise dos Resultados

Podemos iniciar a análise dos resultados, citando algumas dificuldades da implantação da metodologia FMEA e de algumas ferramentas da qualidade. As metodologias implementadas, fazem parte do conhecimento de inúmeras organizações, porém ainda existem muitas empresas que são dirigidas por empresários que almejam resultados rápidos e com custos baixos. Primeiramente é necessário planejar, desenvolver, controlar e agir para posteriormente colher os frutos do ganho de produtividade, mas ainda existem gestores que antes de desenvolver o ciclo PDCA procuram resultados de melhoria antecipadamente. Atitude comum, que poderá comprometer o sucesso do programa de implantação.

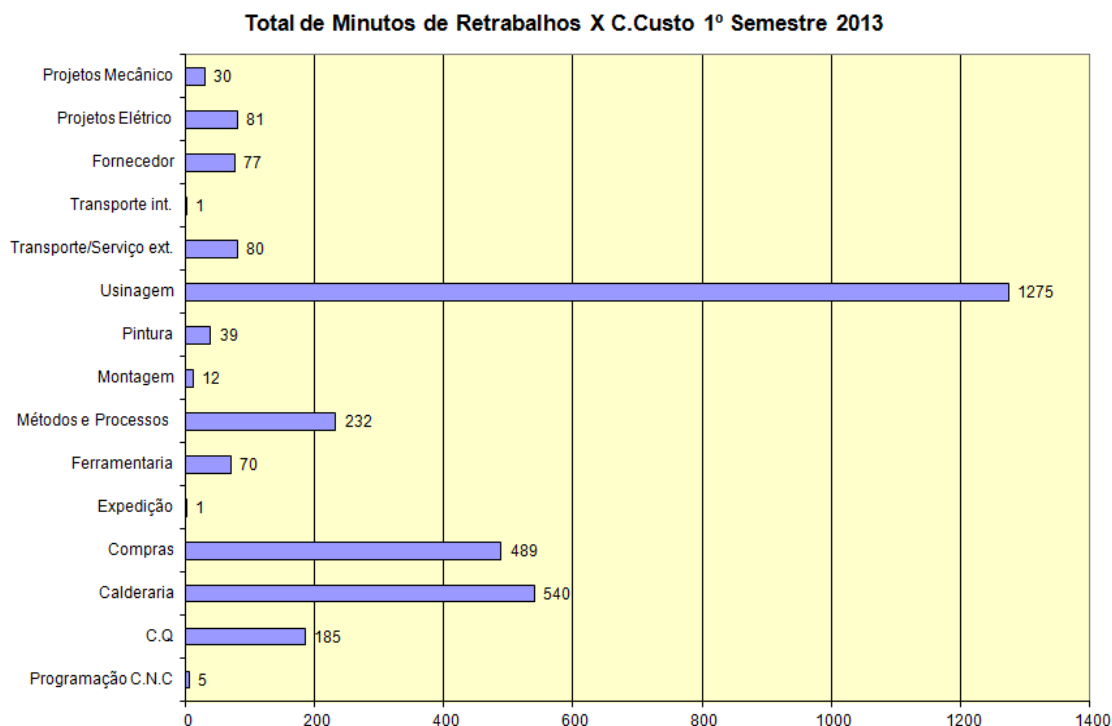
Em se tratando dos aspectos e aprendizados positivos, acreditamos necessário ressaltar as vantagens do trabalho em grupo. O trabalho individual sempre poderá ser enriquecido com críticas construtivas e outros cérebros pensantes com o mesmo objetivo. O envolvimento dos profissionais do time

para desenvolvimento do projeto, possibilita o nascimento de amizades profissionais e pessoais, melhorando o clima organizacional, e a principal beneficiada com estes benefícios são os clientes e como consequência a própria empresa.

Embora a implantação das metodologias e ferramentas aplicadas possibilitem resultados positivos em médio e longo prazo, é necessário o envolvimento de um time de pessoas motivadas e principalmente a aprovação e engajamento da diretoria da empresa, ou seja, o investimento financeiro, pois a hora de todos estes profissionais envolvidos em reuniões, necessita a obtenção de custos financeiros. Prefere-se chamar de desembolso, desembolso este que será revertido em lucro com o sucesso da implantação, em ganho de produtividade e *know-how* dos envolvidos para desenvolvimento de outros projetos.

A situação atual da empresa foi demonstrada na introdução do presente artigo, porém no apêndice 1, Folha A3, fica mais claro a situação e os problemas detectados na empresa e o estado futuro, demonstrando os objetivos almejados após o término do projeto. Os números de retrabalhos detectados na montagem mecânica e retífica, provenientes dos setores demonstrados abaixo (apresentados no gráfico 2), serão reduzidos cerca de 30%, uma vez que está sendo dada devida atenção às causas potenciais nos centros de custos geradores das não conformidades.

Gráfico 2: Total de Minutos de Retrabalhos x Centro de Custo.



Fonte: o Autor.

No gráfico 2, é possível verificar que o setor de usinagem é disparado, o principal gerador de problemas e consequentemente, o setor que mais propiciou retrabalhos. Por este motivo foi escolhido o processo de torneamento, que está localizado no setor de usinagem, para a realização de estudo e construção deste trabalho.

5. Considerações Finais

Grande parte dos gestores costuma resolver os problemas produtivos de maneira paliativa, pois não visualizam ou não procuram as causas raiz, responsáveis por ocasionar não conformidades nos processos seguintes. Talvez por falta de mão de obra qualificada ou pelo fato da existência cultural de não realizar desembolso de valores financeiros para obter um futuro benefício tangível por meio das metodologias existentes juntamente com ferramentas da qualidade.

Muitos profissionais, principalmente da área de produção e qualidade, conhecem as ferramentas disponíveis capaz de reduzir perdas e obter ganho de produtividade, porém poucos possuem o *know-how* de implantação com experiências e habilidades capaz de diagnosticar problemas, motivar times e obter o sucesso almejado.

Através do desenvolvimento do artigo apresentado foi possível perceber a necessidade da integração das ferramentas da qualidade e como uma contribui para o funcionamento da outra. Cada ferramenta da qualidade necessita de um complemento de integração para atingir o objetivo esperado. Por exemplo, o diagrama de Ishikawa precisa de Brainstorming para seu preenchimento, e para a implantação do FMEA é necessário desenvolver o ciclo PDCA. A habilidade de integrar tais ferramentas é fator chave para atingir os objetivos e dar continuidade no desenvolvimento da aplicação.

O trabalho em questão possibilitou uma profunda análise dos pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças da organização, na perspectiva da unidade estudada. Além disso, acredita-se que grande parte de matérias e assuntos abordados na fundamentação teórica, puderam ser aplicados na parte prática da execução do trabalho, demonstrando empenho e dedicação de toda a equipe envolvida.

6. Referências

- AMARAL D.C.; GUERRERO V.; ROZENFELD H.; FMEA – **Failure Model and Effect Analysis**. Disponível em: http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port/pag_conhec/FMEA_v2.html. Acesso em 02/08/2013.
- FREITAS, M. A. e COLODISMO, E A. **Confiabilidade: Análise de Tempo de Falha e Testes de Vida Acelerados** – Série Ferramentas da Qualidade, V 12. Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, 1997.
- GIL AC. **Como elaborar projetos e pesquisa**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 1995.
- LAKE, P.B.; MARTIN, T.; PETT, J.; **QS-9000 and Automotive Quality**. Annual Quality Congress, 49th AQC, 1995.

MARTINS, Brian L.; **O método 8D As Oito disciplinas**. Disponível em: http://www.qualidadebrasil.com.br/artigo/qualidade/o_metodo_8d_-_as_8_disciplinas. Acesso em 08/08/2013.

PALADY, Paul. **FMEA – Análise de Modos de Efeitos de Falhas** - Prevendo e Prevenindo Problemas Antes que Ocorram. São Paulo: IMAM, 1997.

PEINADO, Jurandir; GRAEML, Alexandre Reis. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FOUENTE, D. **A decision support system for applying failure mode and effects analysis.**, Bradford: International Journal of Quality & Reliability Management, 2002.

RIBEIRO, J.L.D. e FOGLIATTO, F. **Confiabilidade e Manutenção Industrial**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2009.

ROSÁRIO, E. L. **Custo da Não Qualidade na Produção**. 109f. Monografia (Especialização em Engenharia de Produção). Disponível em: <http://www.pergamum.udesc.br/dados-bu/000000/000000000003/00000312.pdf>. Acesso em: 28/07/2013.

STAMATIS, D.H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. Quality Press, 2. ed. ASQ, Milwaukee: ASQ, 2003.

VENTURA, Magda Maria. **O Estudo de Caso como Modalidade de Pesquisa**. Disponível em: http://www.unisc.br/portal/upload/com_arquivo/o_estudo_de_caso_como_modalidade_de_pesquisa.pdf. Acesso em: 15/09/2013.

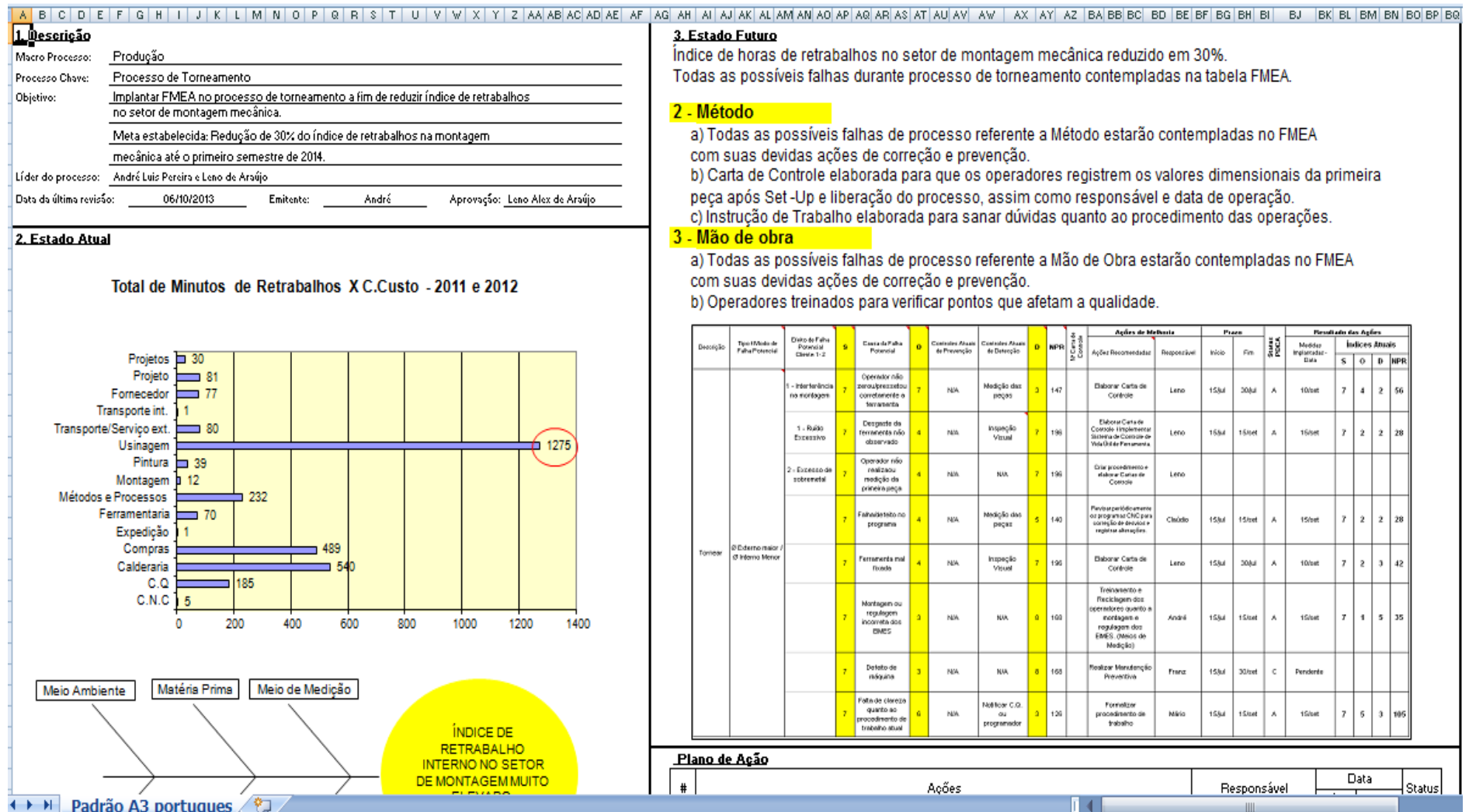
WERKEMA, C. C. Maria. **TQC – Gestão pela Qualidade Total. Série Ferramentas da Qualidade. As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos**. Volume 1. 2. ed. São Paulo: QFCO, 1995.

7. Apêndices

Apêndice 1 – Folha A3

Apêndice 2 – Carta de Controle

Apêndice 3 – Fluxograma de processo



DADOS PARA CARTAS DE CONTROLE**Nº 48****Data: 20/08/13****1. PROBLEMA:** Diferença de altura entre as faces externas.

1.2. Descrição: Diferença de altura deve ser de 3,0mm. Condição atual está entre
1,5 e 1,7mm.

2. ITEM

2.1. Código: 990500630002
2.2. Descrição: Flange de Regulagem Direita
2.3. N° desenho e Versão: 90500630002 – ab.

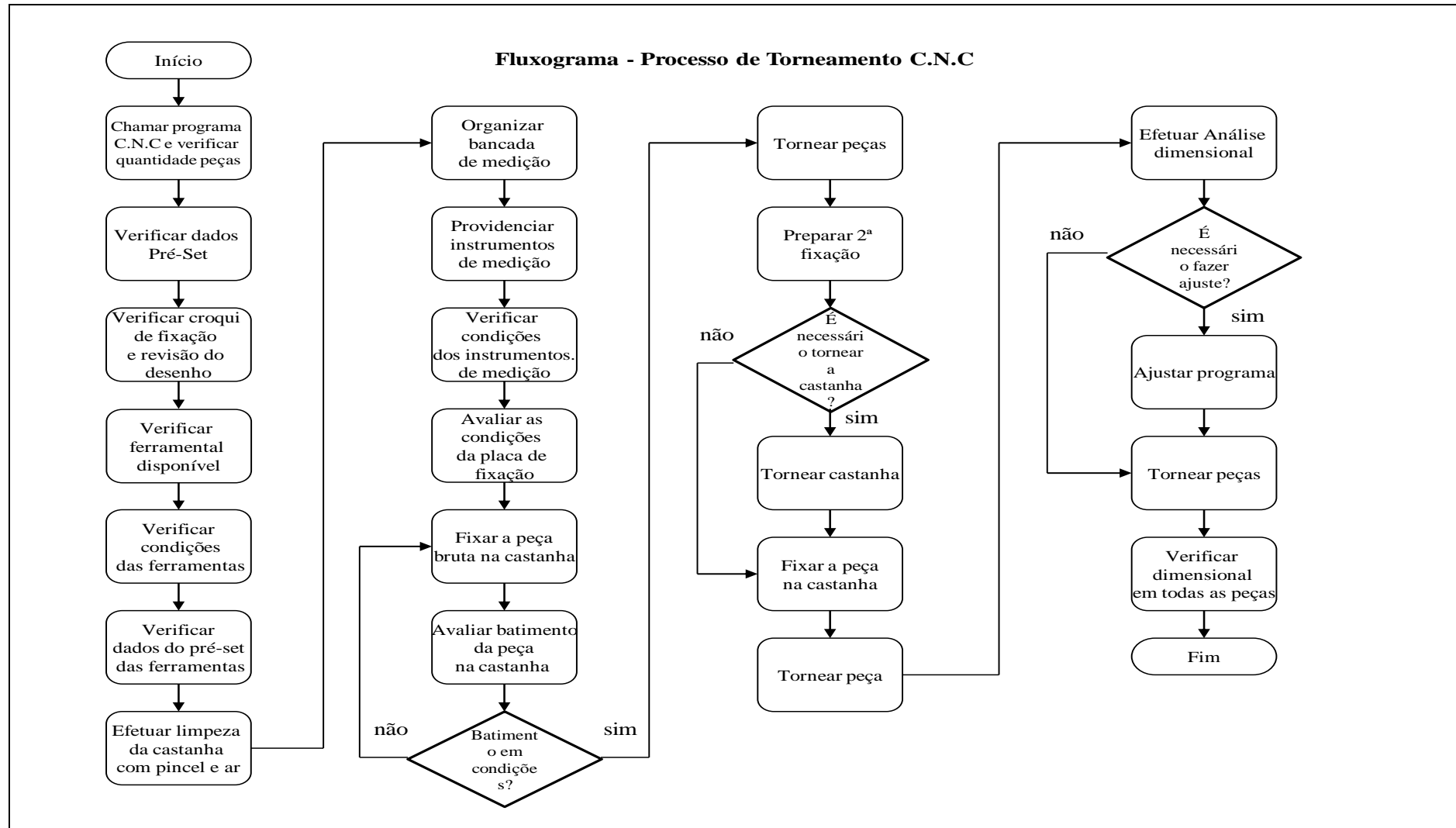
3. PROCESSO

3.1. Causa Imediata (Operações): Operação 10 – Centro de Custo 41619

4. CONTROLE

O que?	Resp. (CQ / OP)?	Como?	Frequência?
Ø 90H7	Operador	Medidor de Ø Int.	10%
Canal 18 P9	Operador	P.N.P	10%
Empenamento	Operador	Mesa e altímetro	100%
Controle Cpt.	C.Q.	Máquina 3D	1ª peça

5. HISTÓRICO**Arquivamento S (X) N ()****Vide Verso.**



Fluxograma de Processo. Fonte: o Autor.